

방진재 위치에 따른 플로팅 슬래브 궤도의 정적거동분석

Analysis of Floating Slab Track

about Arrangement of Reduction Material of Vibration

김 용 재* 박 성 재** 전 중 수*** 박 명 균**** 이 두 화***** 박 만 호*****

Kim, Yong Jae Park, Sung Jae Jeon, Jong Su Park, Myung Gyun Lee, Du Hwa Park, Man Ho

ABSTRACT

Railway has been pointed to the efficiency of transportation, rapid transit, and comfortable train ride. the construction of railway near the downtown area and station building are increasing for maximization of utilization and convenience. but the heavy of transportation and rapid transit lead to increase noise and vibration. the noise and vibration of railway may cause the civil appeal, decline in the serviceability and insufficiency of environmental standard. In this study, floating slab system which is one of the solution to avoid noise and vibration in railway has been introduced, and analyzed Floating Slab Track into arrangement of reduction material of vibration. As a result of analysis, It was estimated the bearing installation though slab have not a negative factor and terminal arrangement of reduction material of vibration have advantage for static behavior.

1. 서 론

최근 대도시의 인구집중과 자동차의 급격한 증가로 주요 도로의 교통망은 포화상태를 이루고 있다. 따라서 대량 및 고속운송이 가능하고 에너지 효율성, 안전성이 뛰어난 철도가 최근 각광받고 있으며, 이에 따른 철도부설이 크게 증가되고 있는 실정이다. 또한 철도의 활용성 및 이용자 편의성 증대를 위해 건물인접구간을 통과하는 형태의 철도부설도 크게 증가되고 있다.

그러나 열차의 대량수송화 및 고속화는 과거에 비해 증가된 소음과 진동을 유발하며, 이는 인접지역 주민의 민원유발, 구조물의 사용성 저하, 소음 및 진동관련 환경기준치 초과 등 다양한 문제를 야기할 수 있다.

본 논문에서는 철도 및 선하역사의 소음·진동저감대책 중 하나인 플로팅 슬래브 궤도시스템을 소개하고, 방진재의 배치에 따른 플로팅 슬래브궤도의 정적 거동을 분석하였다.

2. 해석개요

2.1 시스템

† 책임저자 : 정회원, 삼보기술단 기술연구소 대리

E-mail : Kimseungwok@naver.com

TEL : (02)3433-3325 FAX : (02)3433-3190

* 정회원, (주)삼보기술단, 기술연구소, 대리

** 정회원, (주)삼보기술단, 기술연구소, 과장

*** 정회원, (주)삼보기술단, 구조사업부, 과장

**** 정회원, (주)삼보기술단, 기술연구소, 소장

***** 정회원, (주)삼보기술단, 회장

***** 정회원, 한국철도시설공단, KR연구원, 과장

방진효과는 일반적으로 진동시스템의 고유진동수가 낮을수록, 즉 재료의 강성이 낮을수록 효과가 높으므로 모든 탄성물질은 방진재료가 될 수 있으며, 현재 실용적인 방진재료로는 금속스프링, 고무, 공기스프링, 발포고무 등이 주로 사용되고 있다. 방진재의 배치는 레일과 침목사이에 설치하는 방법, 침목하부에 설치하는 방법, 슬래브 하부에 설치하는 방법 등 여러 가지가 있으나, 본 해석에서는 그림1과 같이 슬래브를 관통하는 강관을 설치하고 강관을 통해 고무방진재를 슬래브 하부에 정착시키는 방법(Floating Slab System)을 사용하였다.

지금까지 국외에서 개발된 저진동 궤도구조로는 VIT(Vibrating Isolation Track), ERS(Embedded Rail Structure) 등이 있으며 이중 가장 대표적인 것이 VIT 플로팅 궤도 시스템이다. 이러한 플로팅 궤도 시스템은 진동에너지를 줄이기 위해 그림2와 같이 궤도시스템과 궤도하부구조를 분리시켜 스프링과 댐퍼로 구성되는 스프링-질량 시스템(Mass-Spring System)이다.

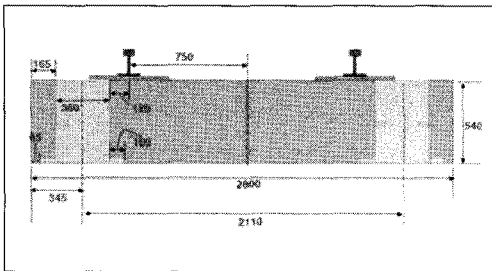


그림 1. 방진시스템 개요

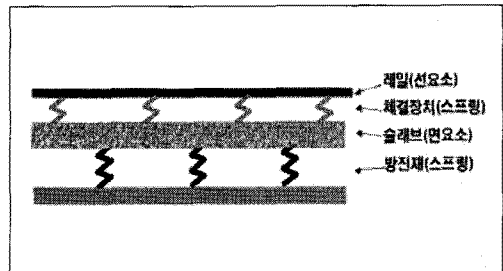


그림 2. 해석 모델링

2.2 해석제원

탄성기초상 보요소를 이용하여 구성하는 궤도슬래브 해석모델은 간편한 반면 슬래브 및 궤도를 1차원의 선요소로 단순화하였으므로 단부의 응력집중을 예측하기 어렵고 레일직각방향에 대한 해석의 정확도가 감소될 수 있으므로 본 해석에서는 그림 2와 같이 슬래브를 면요소로 설정하였다. 해석프로그램은 범용구조해석프로그램인 MIDAS Civil을 사용하였으며, 해석제원은 아래 표 1과 같다.

해석변수는 재하위치, 방진재간격, 스프링계수 등 총 3가지이며, 이중 스프링계수는 수직 스프링계수(10.29kN/mm)를 기준으로 0.5K, K, 2K의 비율로 변화시켜 해석하였다. 또한 슬래브의 단부(110m의 양단)에는 8K, 4K, 2K, K 순서 및 비율로 스프링계수의 변화를 두어 진동완화구간이 형성되도록 하였으며, 기타 변수해석 시에도 동일하게 설정하였다.

3. 해석결과

해석결과, 방진재의 지지간격이 0.65m이고 스프링계수가 0.5K인 경우, 그림 3과 같이 하중이 중앙부에 접근하였을 때 최대 처짐 및 최대 모멘트가 발생하였으며, 지지간격 및 스프링계수의 변화에 따라서

표 1. 해석제원

슬래브제원	폭 2.8m, 두께 0.54m, 길이 110m(35.8+38.4+35.8) 설계기준강도 35MPa, 탄성계수 27,223MPa
스프링계수	10.29kN/mm(수직) / 8.23kN/mm(수평)
적용하중	자중, 활하중(KTX), 장대레일 종하중, 차량횡하중, 시동하중, 제동하중
단부스프링계수	8K, 4K, 2K, K
해석변수	재하위치(단부, 중앙, 1/3), 방진재간격(0.65m, 1.95m, 3.9m), 스프링계수(0.5K, K, 2K)

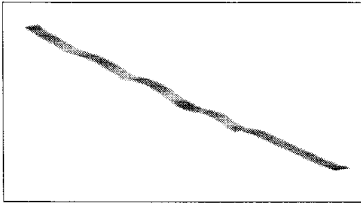


그림 3. 처짐(0.65m,0.5K)

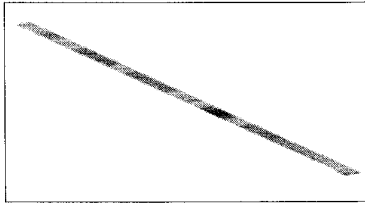


그림 4. 모멘트(0.65m,0.5K)

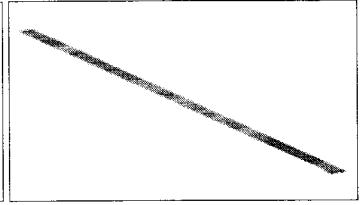


그림 5. 응력(0.65m,0.5K)

도 유사한 양상을 나타내었으므로, 기타 변수에 대한 그림은 생략하였다.

그림 3에서의 처짐도와 같이 중앙경간과 양단의 슬래브 연결부에서는 전단력에 의한 슬래브 단차가 크게 발생하는 것으로 확인되었으며, 추후 설계 및 검토시 레일의 단차, 꺾임 등의 발생에 따른 문제점의 해결을 위해 적절한 다웰바 설치에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

스프링계수와 지지간격의 변화에 따른 생성반력을 검토한 결과, 그림 7과 같이 방진재의 간격이 증가할수록 반력이 증가되었다. 그러나 방진재 지지간격을 약 2.0m이상 증가시켰을 경우 반력의 증가량은 다소 감소되는 경향을 나타내었으나, 괄목할만한 큰 변화는 없는 것으로 판단되었다. 또한 스프링 계수비에 따라 반력도 비례적으로 감소하였으나, 마찬가지로 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

그림 8과 같이 스프링계수비에 따른 처짐을 검토한 결과, 스프링계수가 증가할수록 처짐은 크게 감소되었으며, 특히 스프링계수비가 1.0K(10.29kN/mm)일 때까지 그 감소량이 큰 것으로 판단되었다. 또한 지지간격 약 2.0m까지는 처짐의 감소량이 크게 나타났으며, 이후에는 지지간격을 좁혀도 비례하여 처짐량이 감소하지 않는 것으로 판단되었다.

이와 마찬가지로 슬래브 모멘트를 비교검토한 결과, 그림 10과 같이 지지간격 약 2.0m이하의 시스템에서는 거의 동일한 양상을 보였으며, 그 이상의 간격(지지간격이 약 4.0m인 경우)에는 다소 큰 증가치를 보였다.

저진동레도 슬래브 시스템의 정적거동 검토결과, 방진재의 지지간격은 약 2.0m, 방진재의 스프링계수는 1K(10.29kN/mm)인 경우 효율적인 방진효과를 나타낼 것으로 예상되었으나, 추후 동적거동 검토결과와 상호비교하여 가장 적합한 시스템을 결정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

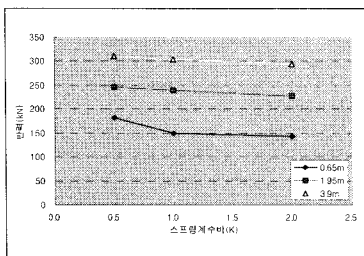


그림 6. 반력(스프링계수별)

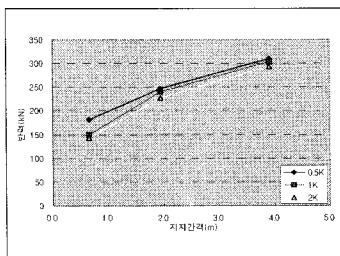


그림 7. 반력(지지간격별)

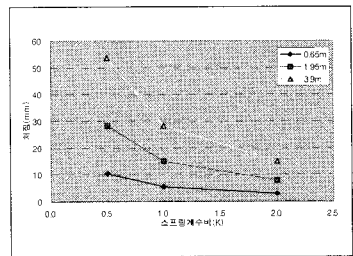


그림 8. 처짐(스프링계수별)

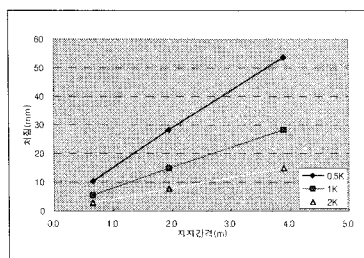


그림 9. 처짐(지지간격별)

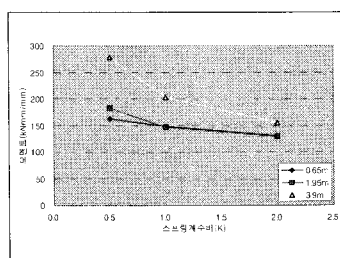


그림 10. 슬래브 모멘트(스프링계수별)

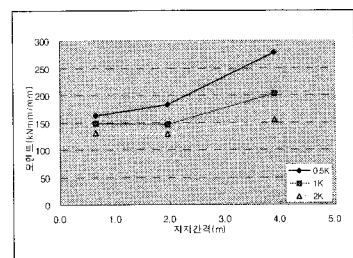


그림 11. 슬래브 모멘트(지지간격별)

4. 결론

궤도하부를 시스템과 분리하여 거동할 수 있도록 구성된 상기 저진동궤도 슬래브 시스템의 정적거동 검토결과, 방진재의 위치, 및 방진재의 물성에 따라 그 방진효과가 크게 달라지는 것으로 판단되었다.

또한 교체 및 유지관리가 용이한 고무재질의 방진재(수직스프링계수 약 10.5kN/mm)를 사용할 경우 지지간격은 약 2.0m로 설정할 경우 효율적인 방진효과를 나타낼 것으로 예상되었으며, 추후 동적거동 검토 결과와 상호비교하여 가장 적합한 시스템을 결정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07미래철도A02)에 의해 수행되었으며, 저자들은 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 건물을 통과하는 도로 및 철도진동의 방진설계 및 방진재료개발 연구, 건설교통부, 연세대학교, 2004
2. 피로효과를 고려한 레일패드의 정적스프링계수 변화에 따른 콘크리트 슬래브 궤도의 거동분석, 서울 산업대학교, 박용걸, 2007
3. 방진방법별 방진효과 분석, 한국철도기술, 황성근, 2000
4. Esveld, C. (1989), "Modern Railway Track", Head of quality Control and Rail Technology NS Permanent Way Department.
5. Grag, Vijay K. and Dukkanati, Rao V. (1984), "Dynamic of railway vehicle systems", Academic Press.